

공정 오차에 둔감한 광 도파로 방향성 결합기의 설계 및 분석

Design and Analysis of Tolerant Optical Waveguide Directional Coupler

이동현*, 이태형, 김수현, 박준오**, 정영철
 광운대학교 전자통신공학과, ** (주) 엘지에스
 E-mail: move8009@nate.com

Abstract : Fabrication-error tolerant directional couplers are designed and analyzed. In the wavelength region of $1.55\ \mu\text{m}$, the coupling characteristics of the 3dB coupler is $50\pm 4\%$, when the waveguide width error is $\pm 0.2\ \mu\text{m}$.

마하젠더 간섭계 형태의 Triplexer, 광 스위치/변조기 등 다양한 광소자의 기본 구성 요소인 방향성 결합기의 제작 시에 공정 오차에 둔감하게 동작할 수 있는 구조를 설계하는 것은 매우 중요하다. 본 논문에서는 공정 오차에 둔감한 방향성 광 결합기의 설계 및 특성 분석에 대하여 논의한다. 그림1 에 방향성 결합기를 구현하기 위한 폴리머 도파로의 단면 구조 및 방향성 결합기 레이아웃을 보였다. 방향성 결합기의 제작 시, 도파로 중심 간의 간격은 크게 오차가 발생하지 않을 것으로 기대되지만, 도파로의 폭은 원래의 마스크에 비하여 변화될 가능성이 있다[1]. 방향성 결합기가 공정에 둔감하기 위해서는

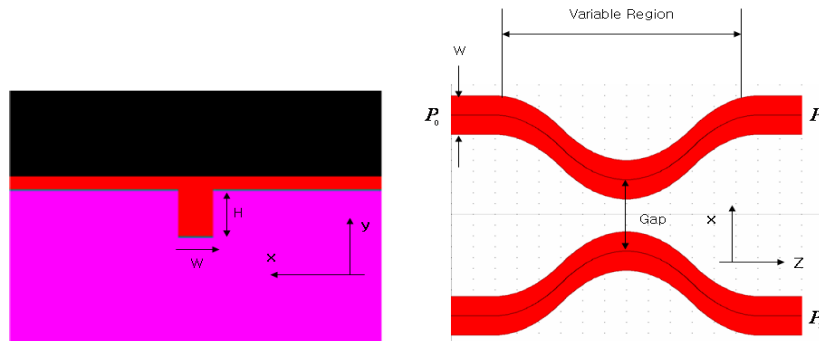


그림1 (a) 폴리머 도파로 단면구조 및 (b) 방향성 결합기의 구조

도파로의 폭이 변화함에 따라서 도파모드의 형태가 둔감하게 변화하도록 도파로의 구조를 결정할 필요가 있다. 본 논문에서는 설계 예로서 그림 1(a) 와 같은 역상 릿 (rib) 형 폴리머 도파구조를 고려하였다. 이 도파구조의 상층 클래딩은 공기이고, 코어는 굴절률이 1.51인 폴리머, 아래 클래딩은 굴절률이 1.43인 폴리머이다. 릿의 높이는 $1.6\ \mu\text{m}$ 이고 공기와 접한 코어 층의 잔유 두께는 $0.5\ \mu\text{m}$ 이다. 이와 같은 도파 구조는 나노 임프린트 공정을 이용하여 제작할 수 있다. 즉 아래의 클래딩 폴리머 층을 형성한 다음, 나노 임프린트 용 틀을 압착하여 형태를 만든 다음에 코어 폴리머를 채워 넣어서 제작할 수 있다. 그림 1(a) 도파 구조의 x 방향 모드 형태를 확인하기 위하여 유효굴절률 근사법을 이용하여 2 차원 구조로 근사화한 후 모드를 구하였다. 그림 2에 도파로 폭이 1.2 에서 $2.2\ \mu\text{m}$ 사이에서 변화하는 경우의 도파 모드들을 계산하여 반쪽 영역만 나타내었다. 그림 2에서 확인할 수 있듯이 본 논문에서 고려하는 폴리머 도파구조의 경우, 도파로 중앙에서 $3.3\ \mu\text{m}$ 이상 떨어진 부분에서는 도파모드의 꼬리

모양이 넓은 범위의 도파로 폭에서 거의 같은 모양을 보임을 알 수 있다. 따라서 방향성 결합기를 설계할 때, 의 경우, 도파로의 중앙 사이의 간격이 $3.3\mu\text{m}$ 이상 인 경우 도파로 폭에 상당히 둔감한 방향성 결합기를 얻을 수 있을 것임을 짐작할 수 있다.

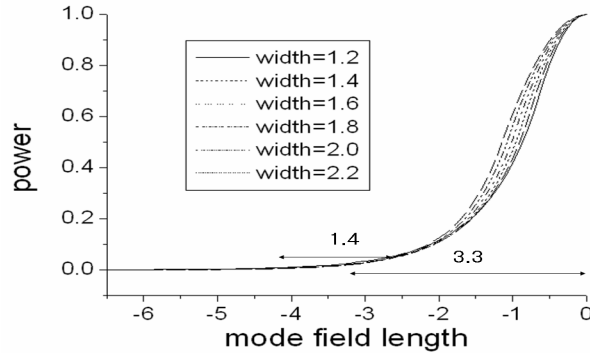


그림 2 도파 모드 형태

본 논문에서 고려한 방향성 결합기의 구조를 그림 1(b)에 보였으며, 곡선 도파로의 반경은 $7500.75\mu\text{m}$ 이고, 두 도파로가 가장 근접하였을 때의 도파로 중앙 사이의 거리는 $3.3\mu\text{m}$ 이다[2]. 방향성 결합기를 분석하기 위하여 삼차원 BPM을 사용하였고, 도파로 폭에 따른 광 파워 결합 비율을 그림 3에 나타내었다. 여기서 코어 영역의 립 높이 H의 값이 1.6에서 $2\mu\text{m}$ 사이의 값들인 경우를 가정하였다.

립의 높이가 $1.6\mu\text{m}$ 이고, 도파로 폭이 $1.4\mu\text{m}$ 인 경우 50 % 결합을 기준 설계 값으로 하였을 때, 도파로 폭이 $\pm 0.2\mu\text{m}$ 변화하면 Bar Port와 Cross Port의 출력이 50%에서 약 2~4%정도로 제한된 변화 폭을 보임을 확인할 수 있다.

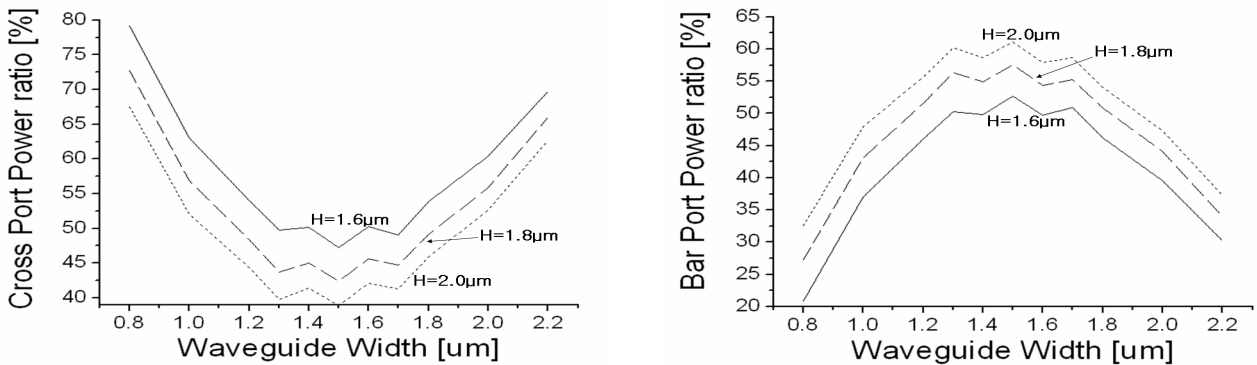


그림 3 방향성 결합기의 도파로 폭에 따른 coupling ratio 의 변화 (a) Bar Port Power Ratio (b) Cross Port Power Ratio. 여기서 립의 높이가 1.6에서 $2\mu\text{m}$ 사이인 경우들을 고려하였다.

[감사의 글] 이 논문은 한국과학재단 특정기초연구비(R01-2006-000-10751-0) 지원에 의하여 수행되었습니다.

[References]

[1] F. B. Veerman, et al.. "An Optical Passive 3-dB TMI-Coupler with Reduced Fabrication Tolerance Sensitivity," IEEE J. Lightwave Technol., Vol. 10, No. 3, MARCH 1992
 [2] A. Takagi, et al "Silica-Based Waveguide Type-Wavelength-Insensitive Coupler(WINC's) with Series-Tapered Coupling Structure," IEEE J. of Lightwave Technol., Vol. 10, pp.1814-1824, 1992